

Theoretische Physik I

Klausur

WS 03/04 31.01.2004

Name:

Matrikelnummer:

[K1] Kurzfragen

10 Punkte

- (a) Wie ändern sich die Lagrange-Gleichungen bei der Ersetzung $L \rightarrow 3(L + q^2 \dot{q})$?
- (b) Bestimmen Sie den Trägheitstensor I , falls $\text{Spur}(I) = 0$. Zu welchem Körper gehört er?
- (c) Wann sind Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit parallel zueinander?
- (d) Vereinfachen Sie $\{A(p, q), \{q, p\}\}$!
- (e) Unter welchen Bedingungen ist eine zeitunabhängige Phasenraum-Transformation kanonisch?
- (f) Wie viel Eigenzeit verstreicht für ein Photon auf dem Weg vom Mond zur Erde?
- (g) Welche der folgenden Größen sind Lorentz-Skalare:

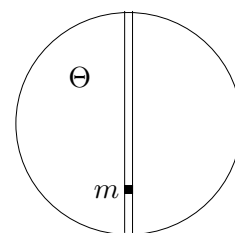
$$\vec{E}^2 + \vec{B}^2, \vec{E}^2 - \vec{B}^2, m^2 c^2 + \vec{p}^2, \phi - \frac{\vec{v}}{c} \cdot \vec{A} \quad ?$$

- (h) Wie verändern sich Felder, ihre Energie und ihr Impulsfluß bei Verdoppelung von Ladungs- und Stromdichte?
- (i) Wie ändert sich \vec{B} bei einer Eichtransformation?
- (j) Wie stark fällt ein statisches elektrisches Quadrupolfeld ab? Wieviele unabhängige Komponenten besitzt es?

[K2] Massenpunkt auf rotierender Scheibe

5 Punkte

Ein Massenpunkt der Masse m bewege sich (reibungsfrei) in einer Nut geführt auf einer horizontalen Scheibe, die sich um ihre Achse drehen kann. Das Trägheitsmoment der Scheibe sei Θ .



- (a) Geben Sie die Lagrangefunktion in geeigneten Koordinaten an. Welche zyklische Koordinate gibt es und welche Bedeutung hat der dazugehörige erhaltene Impuls?
- (b) Kombinieren Sie die Erhaltungssätze, um das effektive Potential für die Radialbewegung zu erhalten. Zeichnen Sie seinen Verlauf (qualitativ). Geben Sie $t(r)$ als Integral an.

Bitte wenden

Vorlesung: O. Lechtenfeld - Übungen: R. Wimmer

[K3] Komet**5 Punkte**

Ein Komet bewegt sich auf einer parabolischen Bahn im Gravitationsfeld der Sonne. Seine Bahnebene fällt mit der Ebene der als kreisförmig anzunehmenden Erdbahn um die Sonne zusammen. Sein Perihelabstand beträgt ein Drittel des Radius der Erdbahn. Für wie viele Tage befindet sich der Komet innerhalb der Erdbahn? Die Störung der Kometenbahn durch die Planeten sei zu vernachlässigen.

Hinweise: Verwenden sie den Energiesatz, wobei für die parabolische Bewegung $E = 0$ gilt. Betrachten Sie den Umkehrpunkt.

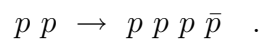
[K4] Kanonisches System**5 Punkte**

Gegeben sei die Hamiltonfunktion $H = \frac{1}{2} q^2 p^2$. Lösen Sie die Hamiltonschen Bewegungsgleichungen.

Hinweis: Benutzen Sie einen Erhaltungssatz.

[K5] Antiprotonen-Erzeugung**5 Punkte**

In einem Linearbeschleuniger werden durch Beschuß eines Wasserstoff-Targets mit Protonen p in Streuprozessen Antiprotonen \bar{p} nach folgender Reaktion erzeugt:



Bestimmen Sie die notwendige Energie im Laborsystem um in einem solchen Prozeß Antiprotonen zu erzeugen. Welche Mindestgeschwindigkeit hat das Projektil?

Hinweise: Antiprotonen und Protonen haben die selbe Masse $m_{\bar{p}} = m_p = m$. Betrachten Sie eine Lorentz-Invariante im Labor- und Schwerpunkt-System.

[K6] Stehende elektromagnetische Wellen**5 Punkte**

Wir erzeugen im Vakuum eine stehende elektromagnetische Welle durch Superposition der ebenen, linear polarisierten Welle mit $\vec{E}_+(t, x) = a \vec{e}_y e^{i(kx - \omega t)}$ (in Richtung $+\vec{e}_x$) und der gegenläufigen Welle mit $\vec{E}_-(t, x) = \vec{E}_+(t, -x)$ (in Richtung $-\vec{e}_x$). Bestimmen Sie $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$ und \vec{B} . Berechnen Sie Energiedichte und Energiefluß und verifizieren Sie die zugehörige Bilanzgleichung $\partial_\lambda T^{0\lambda} = 0$.

[K7] Potential eines geladenen Drahtes**5 Punkte**

Berechnen Sie das elektrische Potential $\phi(\vec{r})$ für einen dünnen Draht der Linienladungsdichte ρ_0 und der Länge $2a$, d.h.

$$\rho(x, y, z) = \rho_0 \delta(x) \delta(y) \theta(a - |z|).$$

Geben Sie das führende Verhalten für $|r| \ll a$ an. Wie lautet für diesen Fall das zugehörige elektrische Feld?

Hinweise:

$$\int \frac{dt}{\sqrt{b^2 + t^2}} = \ln(t + \sqrt{b^2 + t^2}) + C$$

$$\sqrt{1 \pm x} = 1 \pm \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} + O(x^3)$$